

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-246965

(43)Date of publication of application : 14.09.1999

(51)Int.Cl.

C23C 14/28

(21)Application number : 10-050426

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 03.03.1998

(72)Inventor : KOIDE NAOKI
KOMATSU YUJI
NUNOI TORU

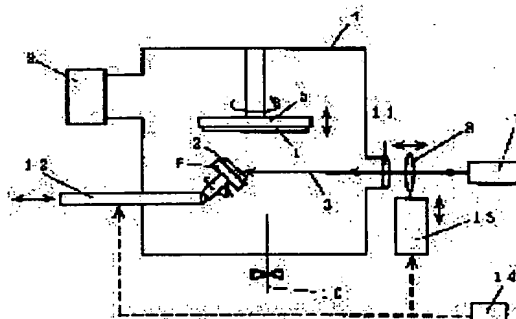
(54) FORMATION OF THIN FILM BY LASER VAPOR DEPOSITION METHOD AND LASER VAPOR DEPOSITION DEVICE USED FOR THE METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To form a thin film of high quality with a large area uniform in film characteristics by using a laser vapor deposition method.

SOLUTION: In an airtight chamber 4, a target holder 6 is arranged in such a manner that a target 2 is situated on the optical axis of laser light 3 and is also provided movably along the direction of the optical axis.

Furthermore, the substrate holder 5 is arranged in such a manner that a substrate 1 is situated on a plane parallel to the optical axis of the laser light 3. A condensing lens 8 for condensing the laser light 3 on the target 2 is constituted so as to be linked with the target 2 in such a manner that the aperture of the laser light on the target 2 is made certain regardless of the position of the target 2. The substrate holder 5 is constituted in such a manner that, in the process of film formation, it is made rotatable in the film forming face or movable parallel to the optional direction in the film forming face.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

08.10.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-246965

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月14日

(51) Int.Cl.⁶

C 2 3 C 14/28

識別記号

F I

C 2 3 C 14/28

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-50426
(22) 出願日 平成10年(1998) 3月3日

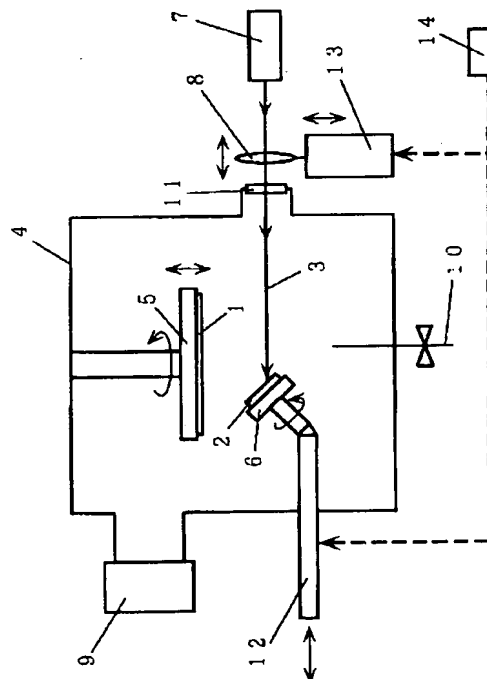
(71) 出願人 000005049
シャープ株式会社
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
(72) 発明者 小出 直城
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
(72) 発明者 小松 雄爾
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
(72) 発明者 布居 徹
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
(74) 代理人 弁理士 岡田 和秀

(54) 【発明の名称】 レーザ蒸着法による薄膜の形成方法、およびその方法に使用するレーザ蒸着装置

(57) 【要約】

【課題】 大面積かつ膜特性が均一な高品質の薄膜をレーザ蒸着法を用いて成膜する。

【解決手段】 気密チャンバ4内において、ターゲットホルダ6をターゲット2がレーザ光3の光軸上に位置するように配置するとともに、光軸方向に沿って移動可能に設ける。また、基板ホルダ5は、基板1がレーザ光3の光軸に対して平行な平面上に位置するように配置する。レーザ光3をターゲット2に集光するための集光レンズ8、ターゲット2上でのレーザ光の口径がターゲット2の位置にかかわらず一定となるようにターゲット2と連動するように構成する。基板ホルダ5は、成膜中、成膜面内で回転可能または成膜面内の任意の方向に平行移動可能となるように構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ターゲットにレーザ光を照射して、基板上に薄膜を堆積させる方法であって、ターゲットをレーザ光の光軸上に配置するとともに、光軸に沿って移動させることで基板上に成膜を行うことを特徴とする薄膜の形成方法。

【請求項2】 前記レーザ光をターゲットに集光するための集光レンズをターゲットと運動させることによって、ターゲット上でのレーザ光の口径がターゲットの位置にかかわらず一定となるように制御することを特徴とする請求項1記載の薄膜の形成方法。

【請求項3】 前記レーザ光の光軸と平行な平面上に基板を配置し、この基板上に成膜を行うことを特徴とする請求項1または請求項2記載の薄膜の形成方法。

【請求項4】 前記基板を成膜面内で回転させることを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の薄膜の形成方法。

【請求項5】 前記基板を成膜面内の任意の方向に平行移動させることを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の薄膜の形成方法。

【請求項6】 ターゲットを保持するターゲットホルダと、基板を保持する基板ホルダと、レーザ光を発生するレーザ発振装置と、レーザ発振装置が発振するレーザ光をターゲットに照射されるように誘導する光学手段とを具備するレーザ蒸着装置において、前記ターゲットホルダは、ターゲットがレーザ光の光軸上に位置するように配置されるとともに、光軸方向に沿って移動可能に設けられていることを特徴とするレーザ蒸着装置。

【請求項7】 前記光学手段は、レーザ光をターゲットに集光するための集光レンズを有し、この集光レンズは、ターゲット上でのレーザ光の口径がターゲットの位置にかかわらず一定となるようにターゲットと運動するように構成されていることを特徴とする請求項6記載のレーザ蒸着装置。

【請求項8】 前記基板ホルダは、これに保持される基板がレーザ光の光軸に対して平行な平面上に配置されるように構成されていることを特徴とする請求項6または請求項7記載のレーザ蒸着装置。

【請求項9】 前記基板ホルダは、これに保持される基板が成膜面内で回転可能に設けられていることを特徴とする請求項6ないし請求項8のいずれかに記載のレーザ蒸着装置。

【請求項10】 前記基板ホルダは、これに保持される基板が成膜面内の任意の方向に平行移動可能に設けられていることを特徴とする請求項6ないし請求項9のいずれかに記載のレーザ蒸着装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、レーザ蒸着法によ

り広い面積かつ均一な膜質の薄膜を成膜する方法およびその方法に使用するレーザ蒸着装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 一般に、レーザ蒸着法は、大きなエネルギー密度を持ったレーザ光を減圧下でターゲットに照射し、ターゲットから蒸着物を発生させて、基板物質上にターゲット組成に近い組成を有する薄膜を形成する。

【0003】 図5はこのようなレーザ蒸着法を行うための従来の装置の概略図である。

【0004】 このレーザ蒸着装置では、内部を高真空中に排気可能で任意に雰囲気ガスを導入できる気密チャンバ4内に、基板1およびターゲット2を平行に配置し、気密チャンバ4の外部に配置したレーザ発振装置7から発生されるレーザ光3をミラー15、集光レンズ8などの光学手段を介して気密チャンバ4内に誘導し、ターゲット2に斜め上方からレーザ光を照射するようになっている。

【0005】 なお、図5中、5は基板ホルダ、6はターゲットホルダ、9は真空排気ポンプ、10は雰囲気ガス導入管、11はレーザ光導入窓である。

【0006】 ところで、レーザ蒸着法においては、成膜時の圧力、基板温度、雰囲気、レーザ光のエネルギー密度など多くのパラメータを独立に選択することが可能であり、また、薄膜の組成の制御が容易であること、成膜速度が高いことなどの多くの利点があげられる。さらには、一切の電磁場を必要としないので、蒸着物中に荷電粒子が含まれていてもそれによる影響を受けることがない。従って、高品質の薄膜を作製するのに適した方法である。

【0007】 実際、このような利点を有するレーザ蒸着法を使用して特性の優れた酸化物超伝導薄膜や光電子デバイスに应用可能な半導体薄膜を作製することが研究されている。

【0008】 例えば、社団法人電気学会による光・量子デバイス研究会資料(資料番号OQD-92-53)pp. 69~77(1992年10月28日)には、エキシマレーザを使用したレーザ蒸着法により、臨界温度が90.5 Kであり、ゼロ磁場下、77.3 Kにおける臨界電流密度が8,000.000 A/cm²である高品質のY-Ba-Cu-O系酸化物超伝導薄膜を成膜する方法が開示されている。

【0009】 また、Thin Solid Films Vol. 299, pp. 94(1997年)には、エキシマレーザを使用したレーザ蒸着法により、バンドギャップが6.2 eVであり、X線ロックアップカーブの全半値幅が0.06°と極めて配向性の高い高品質のAlN薄膜を成膜する方法が開示されている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、レーザ蒸着法では、レーザ光がターゲットに照射されて発生するブ

ブルームと呼ばれる発光の先端付近の狭い範囲でしか成膜が行われないため、図5に示したような構成の装置では、レーザ光の照射位置やターゲットが固定されたままなので、大面積の薄膜を成膜することが困難である。

【0011】そこで、この問題を解決するために、従来、たとえば①特開平8-85865号公報(以下、前者)や、②特開平7-216539号公報(以下、後者)にそれぞれ開示されている技術が提案されている。

【0012】前者(上記①)の技術は、基板を回転させ、かつレーザ光をターゲット上で走査しながら成膜を行うようにしている。また、後者(上記②)の技術では、ターゲットを基板に対して平行かつ直線的に移動させながら成膜を行うようにしている。

【0013】しかしながら、上記の①、②の従来技術においては、それぞれ次のような問題が残されている。

【0014】すなわち、前者(上記①)の場合には、水平に設置されるレーザ発振装置から発振されるレーザ光を走査するために揺動可能に設けられたミラーを配置する必要があるが、現在一般に用いられている紫外線用のミラーは、例えばエネルギー束が100mJ、パルス幅10ns以下の強度の大きな紫外線パルス光を照射すると破壊されてしまう。したがって、導入するレーザ光の強度

$$I = d / \tan \theta$$

という関係式が成立する。

【0020】例えば、Applied Physics Letters Vol. 71, pp. 102 (1997年)において、高品質なGa₂N薄膜を得たと開示されている距離 $d = 7$ cm、最も一般的な照射角度と考えられる $\theta = 45^\circ$ という値を上記の(1)に適用すると、 $l = 7$ cmとなる。実際、後者(②)において、基板の大きさは 6×6 cmと開示されている。

【0021】基板1上に大面積の薄膜を成膜する、つまり、 l を大きくするには、(1)式の関係から、基板1とターゲット2との間の距離 d を大きくするか、レーザ光とターゲット2表面とのなす角 θ を小さくするか、あるいは、両者 d 、 θ を変化させる必要があった。

【0022】しかし、 d を大きくすると、ブルームと基板1との距離が大きく離れてしまい、ブルームと雰囲気ガスとの相互作用の増大や蒸発粒子の基板1への付着力の低下など、堆積される薄膜の膜質が悪化してしまう。さらには、 d がブルームの全長よりも大きくなってしまうと、最早、基板1上への堆積が行われなくなってしまう。

【0023】また、 θ を小さくすると、ターゲット2上でのレーザ光の口径が大きくなるため、十分なエネルギー密度を得ることが困難になる。

【0024】このように、従来技術では、大面積かつ均一な膜質の薄膜を基板上に形成することが大変困難であった。

【0025】本発明は、従来の上述した問題点を解決し、基板上にできるだけ大面積の薄膜が形成できるよう

には自ずと制限があり、高品質な薄膜を形成するのに限界がある。

【0015】また、走査位置によって焦点位置が変わるなど、レーザ光を精密に走査することも非常に困難であり、さらに、ターゲット全面をレーザ光が走査できるようにするためには、基板をターゲットに対して垂直に配置する必要があり、ターゲット上で発生する火炎状をした蒸着物(いわゆるブルーム)の大きさ以上の大面積化は不可能である。

【0016】一方、後者(上記②)の場合には、ターゲットが基板に対して平行に配置されているため、基板上にターゲットの大きさ以上の大面積の薄膜を成膜することが困難である。

【0017】その理由を、図6を参照しながら、さらに詳しく説明する。

【0018】図6において、ターゲット2は基板1に対して平行かつ直線的に移動可能に構成されている。

【0019】ここで、いま、レーザ光3とターゲット2の表面とのなす角を θ 、基板1とターゲット2との間の距離を d 、成膜可能なターゲット2の可動範囲、すなわち成膜可能な基板1の最大長さを l とした時、 l と d の間には、

$$(1)$$

にすることを第1の課題とし、さらに、大面積であるにもかかわらず、膜特性が均一な高品質の薄膜が成膜できるようにすることを第2の課題とする。

【0026】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の課題を解決するために、次の構成を採用している。

【0027】すなわち、請求項1ないし請求項5に記載のレーザ蒸着法による薄膜の形成方法では、次の点に特徴がある。

【0028】請求項1記載の発明では、ターゲットにレーザ光を照射して、基板上に薄膜を堆積させる方法において、ターゲットをレーザ光の光軸上に配置するとともに、光軸に沿って移動させることで基板上に成膜を行うようにしている。

【0029】また、請求項2記載の発明では、請求項1記載の方法において、前記レーザ光をターゲットに集光するための集光レンズをターゲットと連動させることによって、ターゲット上でのレーザ光の口径がターゲットの位置にかかわらず一定となるように制御するようにしている。

【0030】請求項3記載の発明では、請求項1または請求項2記載の方法において、前記レーザ光の光軸と平行な平面上に基板を配置し、この基板上に成膜を行うようにしている。

【0031】請求項4記載の発明では、請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の方法において、前記基板を成膜面内で回転させるようにしている。

【0032】請求項5記載の発明では、請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の方法において、前記基板を成膜面内の任意の方向に平行移動させるようにしている。

【0033】また、請求項6ないし請求項10に記載のレーザ蒸着法による薄膜の形成方法を使用するレーザ蒸着装置では、次の点に特徴がある。

【0034】請求項6記載の発明では、ターゲットを保持するターゲットホルダと、基板を保持する基板ホルダと、レーザ光を発生するレーザ発振装置と、レーザ発振装置が発振するレーザ光をターゲットに照射されるように誘導する光学手段とを具備するレーザ蒸着装置において、前記ターゲットホルダは、ターゲットがレーザ光の光軸上に位置するように配置されるとともに、光軸方向に沿って移動可能に設けられている。

【0035】請求項7記載の発明では、請求項6記載の構成において、前記光学手段は、レーザ光をターゲットに集光するための集光レンズを有し、この集光レンズは、ターゲット上でのレーザ光の口径がターゲットの位置にかかわらず一定となるようにターゲットと運動するように構成されている。

【0036】請求項8記載の発明では、請求項6または請求項7記載の構成において、前記基板ホルダは、これに保持される基板がレーザ光の光軸に対して平行な平面上に配置されるように構成されている。

【0037】請求項9記載の発明では、請求項6ないし請求項8のいずれかに記載の構成において、前記基板ホルダは、これに保持される基板が成膜面で回転可能に設けられている。

【0038】請求項10記載の発明では、請求項6ないし請求項9のいずれかに記載の構成において、前記基板ホルダは、これに保持される基板が成膜面内の任意の方向に平行移動可能に設けられている。

【0039】上記の請求項1または請求項6記載の発明によれば、ターゲットをレーザ光の光軸上を光軸に沿って移動させるので、従来のターゲット移動型レーザ蒸着法における課題であったターゲットの可動範囲の限界がなくなり、基板上への大面積の薄膜形成が可能となる。

【0040】請求項2または請求項7記載の発明によれば、レーザ光をターゲットに集光するための集光レンズがターゲットと運動するため、ターゲット上でのレーザ光の口径がターゲットの位置にかかわらず一定となり、ターゲット上でのレーザ光の入射エネルギー密度をターゲットの位置によらず一定に保つことができる。これにより安定したエネルギー密度のレーザ光入射が可能となり、大面積かつ均一な膜質の薄膜形成が可能となる。

【0041】請求項3または請求項8記載の発明によれば、レーザ光の光軸と平行な平面上に配置された基板上に成膜が行われるので、ターゲットと基板の間の距離をターゲットの位置によらず常に一定に保つことができ、

大面積化の際にも均一な膜質の薄膜形成が可能となる。

【0042】請求項4または請求項9記載の発明によれば、基板が成膜面で回転し、また、請求項5または請求項10記載の発明によれば、基板が成膜面内の任意の方向に平行移動するので、ターゲットのみを移動させる場合よりも、一層広い面積の薄膜を均一に基板上に形成することが可能になる。

【0043】

【発明の実施の形態】実施形態1

図1は、本発明の実施形態1に係るレーザ蒸着装置の構成図である。

【0044】この実施形態1のレーザ蒸着装置は、レーザ発振装置7を備える。この装置7から発生されるレーザ光3としては、エキシマレーザ、Nd:YAGレーザの高調波等を使用することが望ましく、本例では、Nd:YAGレーザの第4高調波(波長266nm)を使用している。

【0045】気密チャンバ4には、レーザ光導入窓11が設けられ、このレーザ光導入窓11に近接してレーザ発振装置7から発振したレーザ光3を集光してチャンバ4内に誘導する集光レンズ8が配置されている。

【0046】気密チャンバ4内には、基板1を保持する基板ホルダ5、ターゲット2を保持するターゲットホルダ6、および真空排気ポンプ9が設けられるとともに、チャンバ4内に雰囲気ガスを導入するための雰囲気ガス導入管10の一端が開口しており、内部の圧力および雰囲気気を任意に変更することが可能である。

【0047】上記の基板ホルダ5は、基板1がレーザ光3の光軸に対して平行な平面上に位置するように配置されている。そして、この基板ホルダ5は、その内蔵したモータ(図示せず)によって搭載した基板1をその表面の成膜面で回転可能、かつ、基板1の位置を回転軸方向に対し垂直な方向に移動可能に設けられて、ターゲット2と基板1との間の距離dを調節できるようになっている。たとえば、最短で約15mmまで近づけることができる。さらに、基板ホルダ5の内部には基板1を所定の温度に加熱するためのヒータ(図示せず)が内蔵されている。

【0048】また、上記のターゲットホルダ6は、内蔵したモータ(図示せず)によって搭載したターゲット2をターゲット表面内で回転可能に設けられていて、レーザ光導入窓11から入射したレーザ光3がターゲット2に当たるように、入射するレーザ光3の光軸上の位置に配置されている。

【0049】よって、レーザ発振装置7から発振したレーザ光3は、ミラーを介することなく直接に集光レンズ8に誘導され、レーザ光導入窓11を通して気密チャンバ4内に入射してターゲット2上に集光されるようになっている。

【0050】さらに、気密チャンバ4には、ターゲット

ホルダ6をターゲット2とともにレーザ光の光軸に沿って移動可能にするためのターゲット駆動装置12が取り付けられている。

【0051】この場合、ターゲット2がレーザ光3の光軸上を移動すると、ターゲット2上に集光されたレーザ光3の口径が変化してしまうので、これを防ぐために、集光レンズ8に集光レンズ駆動装置13が連設されており、このレンズ駆動装置13によって集光レンズ8がレーザ光3の光軸方向および光軸に垂直な方向にそれぞれ駆動されるようになっている。

【0052】14は上記のターゲット駆動装置13および集光レンズ駆動装置12を連動させるための制御装置である。

【0053】この制御装置14は、単にターゲット2と集光レンズ8との間を等距離に保って運動するだけの簡単な装置であってもよいし、これよりも一層正確な制御を必要とする場合は、コンピュータなどを用いた制御装置であってもよい。

【0054】次に、上記構成のレーザ蒸着装置を用いたレーザ蒸着方法について説明する。

【0055】レーザ蒸着による成膜に際しては、予め基板ホルダ5を上下動させてターゲット2と基板1との間の距離dを適切な値になるように設定しておく。

【0056】レーザ発振装置7からレーザ光3が発生され、このレーザ光3が集光レンズ8を介して気密チャンバ4内に誘導されてターゲット2上に集光される。そして、ターゲット2にレーザ光3を照射することにより発生される蒸着物は、基板1上に蒸着されて薄膜が形成される。

【0057】その際、均一な膜質の薄膜を得るために、図2に示すように、基板1およびターゲット2はそれぞれ回転軸19を軸を中心として回転される。

【0058】また、ターゲットホルダ6は、ターゲット駆動装置12によってレーザ光3の光軸に沿って水平移動されることで、従来のようなターゲット2の可動範囲の限界がなくなり、ターゲット2が基板1の広い範囲にわたって走査される。

【0059】このとき、集光レンズ8も集光レンズ駆動装置13によってターゲット2に連動されるため、ターゲット2上でのレーザ光3の口径がターゲット2の移動位置にかかわらず一定に保たれて、ターゲット2上でのレーザ光3の入射エネルギー密度が常に一定になり、ターゲット2から発生するブルームが安定する。

【0060】また、ターゲット2と基板1との間の距離dは、ターゲット2が水平移動しても変化せずに一定であるから、ターゲット2を基板1に十分に近づけた状態のまま成膜を行え、ブルームと基板1との距離も安定する。

【0061】これにより、基板1には、大面積かつ均一な膜質の薄膜が形成されることになる。

【0062】また、この実施形態1では、レーザ光3を気密チャンバ4内に入射する際には、ミラーを使わず直接レーザ発振装置7から集光レンズ8を介して気密チャンバ4内へ入射しているので、従来のように反射ミラーが反射できるエネルギー束やパルス幅の制限を受けないため、従来の課題であったレーザ光強度の制限の問題も解決されている。

【0063】なお、この実施形態1では、基板ホルダ5は、基板1をその表面の成膜面で回転可能、かつ、基板1の位置を回転軸方向に対し垂直な方向に移動可能に設けられているが、さらに、基板ホルダ5をレーザ光3の光軸を含む平面に沿って縦横に平行移動できるようにしておけば、基板1が成膜面内の任意の方向に平行移動するため、ターゲット2のみを水平移動させる場合よりも、一層広い面積の薄膜を均一に基板上に形成することが可能になるため都合がよい。

【0064】実施形態2

図3は、本発明の実施形態2に係るレーザ蒸着装置の構成図であり、図1に示した実施形態1に対応する部分には同一の符号を付す。

【0065】この実施形態2の特徴は、ターゲット2を支持するターゲットホルダ6が四角柱形状のもので、その四角柱の側面にそれぞれターゲット2が配置されている。そして、ターゲット2は、四角柱の中心軸を回転軸として回転可能に設けられている。しかも、このターゲット2は、回転が停止されたとき、ターゲット2の表面がレーザ光3の光軸と平行になって基板1の表面と対向してしまわないように、光軸と所定の角度 θ となるように切り換えられる。

【0066】その他の構成は、図1に示した実施形態1の場合と同様であるから、ここでは詳しい説明は省略する。

【0067】この実施形態2によれば、ターゲットホルダ6がレーザ光3の光軸方向に沿って移動することに加え、ターゲットホルダ6の全ての側面に設置された4つのターゲット2を高真空度を保ったまま回転させて次々と新しいターゲット2を提供することができるため、基板1上に極めて大面積かつ膜質の均一な高品質の薄膜を形成することが可能となる。

【0068】たとえば、同一の物質を長時間にわたって成膜するときは、ターゲットホルダ6の各側面に同一種のターゲット2を取り付け、1面の表面を使用し終わった後、ターゲットホルダ6を回転させ、次のターゲット2を使うといった操作を繰り返すと良い。

【0069】また、異種物質を積層した多層膜などを作製するときには、ターゲットホルダ6の各側面に所望の異種のターゲット2をそれぞれ設置し、ターゲット2を交互に切り換えて使用することができる。

【0070】多層膜を作製する際には、例えば水晶振動子による膜厚計などを用いて、所望の膜厚になったら次

のターゲット2に切り替えるという操作を行うと良い。

【0071】さらに、正確な膜厚制御を行うためには、例えばコンピュータなどを用いたターゲットの駆動装置を用いることが好ましい。

【0072】なお、この実施形態2では、四角柱状のターゲットホルダ6を使用した、これに限定されるものではなく、多角柱形状であればどのようなものを用いてもかまわない。

【0073】実施形態3

図4は、本発明の実施形態3に係るレーザ蒸着装置の構成図であり、図1に示した実施形態1に対応する部分には同一の符号を付す。

【0074】従来から、レーザ蒸着法の特徴の一つとして、2つのレーザビームを用い、一方はレーザ蒸着用としてターゲットに照射し、他方は基板励起光用として基板に照射して、基板上で生成した薄膜の結晶化を促進させるという技術が公知となっている(例えば、応用物理第62巻第12号、pp. 1244(1993年)など参照)。

【0075】そこで、この実施形態3においては、前記の実施形態1の構成に加えて、基板励起用のレーザ光16を発生するための手段としてレーザ発振装置17および反射ミラー15を新たに設置し、気密チャンバ4にそのレーザ光16の導入窓18を設けている。

【0076】その場合のレーザ発振装置17から発生されるレーザ光16は、ターゲット2に照射されるレーザ光3と異なっていて、強度が弱いので、反射ミラー15が損傷するおそれはない。また、このレーザ光16は、パルス光でなく連続光であってもよく、波長域も紫外光でなくてもよい。

【0077】その他の構成は、図1に示した実施形態1の場合と同様であるから、ここでは詳しい説明は省略する。

【0078】この構成では、レーザ発振装置17から発生された基板励起用のレーザ光16は、反射ミラー15により反射され、レーザ光導入窓18を通してチャンバ4内に入射して基板1上に集光される。その際、反射ミラー15は回転駆動されることにより、この反射ミラー15で反射された基板励起用のレーザ光16が基板1上に照射される。この場合、基板励起用のレーザ光16は、ターゲット励起用のレーザ光3と同期して走査されるのが好ましいが、非同期で任意の場所に照射されるものであってもよい。

【0079】このように、この実施形態3によれば、ターゲットホルダ6がレーザ光3の光軸上を光軸方向へ移動することに加え、基板励起用のレーザ光16が基板1に照射されることにより、結晶化率の高い極めて高品質な大面積薄膜を形成することが可能になる。

【0080】なお、この実施形態3では、実施形態1の構成に基板励起用のレーザ光16を発生する手段17、

15を付加したが、実施形態2の構成に基板励起用のレーザ光16を発生する手段を付加することも勿論可能である。

【0081】

【実施例】以下、本発明の装置および方法を用いた実施例について、具体的に説明する。

【0082】実施例1

実施形態1で示したレーザ蒸着装置を使用して、本発明の方法で微結晶Si薄膜の成膜を行った。ターゲット2には、直径40mm、厚さ約10mmの円板状のSi単結晶を使用し、基板1には、25cm×5cm角、厚さ0.7mmの石英基板を使用した。また、レーザ光3とターゲット2表面の法線とのなす角 θ は45°に設定した。

【0083】この条件の下での成膜工程を以下に説明する。

【0084】最初に、石英基板1をアルカリ洗剤(エキストララン)にて20分間、純水にて30分間(3回)、アセトンにて5分間の順に超音波洗浄を行った。

【0085】その後、ターゲット2をターゲットホルダ6に、基板1を基板ホルダ5にセットした。気密チャンバ4の内部を真空排気ポンプ9で 1×10^{-7} Torrに排気してから、雰囲気ガス導入管10より純度99.9995%のHeガスを導入し、圧力を0.5Torrに調整した。

【0086】基板1の表面温度を700°C、基板1とレーザ光3の光軸との間の距離を20mm、レーザ光3のエネルギーを180mJ/パルス、レーザパルスレートを10Hz、ターゲット2の回転速度を20rpm、ターゲット2および集光レンズ8の光軸方向への移動速度を40mm/分、基板の位置は固定して、5分間成膜を行った。

【0087】その結果、得られた薄膜の20cm×1cmにわたる平均膜厚は1100nmであり、膜厚分布は±9%程度であった。

【0088】また、波長457.9nm、入射パワー密度30W/cm²のAr⁺レーザを薄膜上の2cmおき計10点に照射し、各点におけるフォトルミネッセンスを測定したところ、全ての点において発光のピークエネルギーは1.60±0.05eVであり、発光強度スペクトルの全半値幅は約0.4eVであった。

【0089】このように、本実施例において均一性の高い高品質な大面積微結晶Si薄膜が得られた。

【0090】実施例2

次に、本発明のレーザ蒸着を用いた薄膜形成法の第2の実施例を説明する。

【0091】この実施例2で用いたレーザ蒸着装置は実施形態1で使用した装置と同一の装置である。

【0092】この実施例2において、実施例1の成膜条件と異なる点は、(1)成膜中に基板1を回転させる、(2)ターゲット2および集光レンズ8を光軸方向へ移動させる際、基板1の中心付近では速く、基板1の端付近

では遅くなるように滑らかに移動させる、(3)成膜時間を20分間にする、の3点である。それ以外は、実施例1と全く同じ条件の下で、微結晶Si薄膜の成膜を行った。

【0093】この実施例2では、20cm×20cm角、厚さ0.7mmの石英基板を30rpmの速さで回転させながら成膜を行った。ターゲットの基板中心からの距離を r cmとしたとき、ターゲット2および集光レンズ8を光軸方向へ移動する速度 v (r)cm/minについては、全体の膜厚が一定となるように、 $r < 0.25$ cmでは $v(r) = 5.63$ cm/min、 $r \geq 0.25$ cmでは $v(r) = 1.41/r$ cm/minで決定される値に、ターゲットおよび集光レンズ運動駆動制御装置14を用いて制御を行った。

【0094】その結果、直径15cmの円周内の領域全体にわたって平滑な平均膜厚が500nmで膜厚分布が±6%程度の極めて均一な大面積薄膜が得られた。また、実施例1と同様に、薄膜上10点におけるフォトルミネッセンスを測定したところ、全ての点において発光のピークエネルギーは 1.60 ± 0.05 eVであり、発光強度スペクトルの全半値幅は約0.4eVであった。

【0095】このように、この実施例2においても極めて均一性の高い高品質な大面積微結晶Si薄膜が得られた。

【0096】

【発明の効果】本発明によれば、次の効果を奏する。

【0097】(1) 請求項1または請求項6記載の発明によれば、ターゲットをレーザー光の光軸上を光軸に沿って移動させるので、従来のようなターゲットの可動範囲の限界がなくなり、基板上への大面積の薄膜形成が可能になる。

【0098】(2) 請求項2または請求項7記載の発明によれば、レーザー光をターゲットに集光するための集光レンズをターゲットと連動させるので、ターゲット上でのレーザー光の口径がターゲットの位置にかかわらず一定となり、ターゲット上でのレーザー光の入射エネルギー密度をターゲットの位置によらず一定に保つことができる。これにより安定したエネルギー密度のレーザー光入射が可能となり、大面積かつ均一な膜質の薄膜形成が可能となる。

【0099】また、レーザー光をミラーを用いることなく直接チャンバ内へ導入するため、従来の反射ミラーを用いた場合よりもエネルギー束やパルス幅の制限を受けなくなる。すなわち、高エネルギー密度のレーザー光をターゲットに照射することが可能となり、高品質の薄膜の形成が可能になる。

【0100】(3) 請求項3または請求項8記載の発明によれば、レーザー光の光軸と平行な平面上に配置された基板上に成膜を行うので、ターゲットと基板の間の距離をターゲットの位置によらず常に一定に保つことができる。これにより、大面積化の際にも均一な膜質の薄膜形成が可能となる。

【0101】(4) 請求項4または請求項9記載の発明では、成膜中基板を成膜面内で回転させ、また、請求項5または請求項10記載の発明では、成膜中に基板を成膜面内の任意の方向に平行移動させるので、ターゲットのみを単独移動させるよりもより広い面積の薄膜を均一に基板上に形成することができるため、一層大面積かつ膜特性が均一な高品質の薄膜形成が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態1に係るレーザー蒸着装置の構成図である。

【図2】同装置の基板、ターゲット、およびレーザー光の位置関係を示した概略図である。

【図3】本発明の実施形態2に係るレーザー蒸着装置の構成図である。

【図4】本発明の実施形態3に係るレーザー蒸着装置の構成図である。

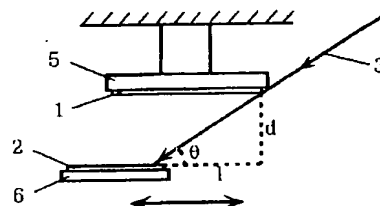
【図5】従来のレーザー蒸着装置の構成図である。

【図6】従来のレーザー蒸着装置の基板およびターゲット部分を拡大した構成図である。

【符号の説明】

1…基板、2…ターゲット、3…レーザー光、4…気密チャンバ、5…基板ホルダ、6…ターゲットホルダ、7、17…レーザー発振装置、8…集光レンズ、9…真空排気ポンプ、10…雰囲気ガス導入管、11、18…レーザー光導入窓、12…ターゲット駆動装置、13…集光レンズ駆動装置、14…制御装置、15…反射ミラー、16…基板励起用のレーザー光、19…回転軸。

【図6】



The diagram shows a cross-section of a vacuum furnace. A central sample holder (1) is mounted on a vertical support (4) and can rotate (indicated by a curved arrow). The holder consists of a horizontal plate (5) and a vertical rod (6). A gas supply system is connected to the furnace chamber (2) through a valve (10) and a pipe (3). The gas supply system includes a gas cylinder (7), a pressure-reducing valve (8), a flowmeter (11), and a gas inlet (12). A gas outlet (13) is also shown. A dashed line indicates the gas flow path from the cylinder (7) through the valve (8) and flowmeter (11) to the inlet (12), and then through the outlet (13) to a gas collector (14).

The diagram shows a horizontal shaft (1) with three rollers (2) mounted on it. The rollers are arranged in a row, with the central roller (2) positioned directly below the shaft. The distance between the shaft and the rollers is labeled 'd'. The rollers are labeled '1 9' and '2'. The angle between the shaft and the rollers is labeled θ . The rollers are shown in two positions, one on the left and one on the right, with curved arrows indicating their rotation. A horizontal double-headed arrow at the bottom indicates the distance between the rollers.

A schematic diagram of a vacuum furnace system. A central chamber (4) contains a sample holder (1) with a sample (5). The holder is mounted on a vertical rod (11) and can move vertically (indicated by a double-headed arrow). A gas supply system (7) is connected to the chamber through a valve (8) and a lens (13). The gas supply system includes a gas inlet (14) and a gas outlet (12). A gas flow meter (9) is connected to the gas outlet. A gas inlet valve (10) is also shown. The chamber (4) is connected to a gas inlet (14) and a gas outlet (12). The gas inlet (14) is connected to a gas supply system (7) through a valve (8) and a lens (13). The gas outlet (12) is connected to a gas flow meter (9) and a gas inlet valve (10). The gas flow meter (9) is connected to the gas inlet (14) through a valve (8) and a lens (13). The gas inlet valve (10) is connected to the gas inlet (14) through a valve (8) and a lens (13).

[illegible]

A schematic diagram of a vacuum furnace. The main chamber is labeled 4. Inside, a sample holder consists of a central rod 1 with a sample 5 mounted on top and a base 6. A heating element 3 is positioned around the sample. A gas inlet system on the left includes a valve 10 and a gas source 9. A gas outlet system on the right includes a valve 15 and a gas collector 7. A gas line 8 connects the chamber to the collector, with a pressure gauge 11 and a valve 15 on the line.

* NOTICES *

JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the laser vacuum evaporatio~~no~~ equipment used for the approach of forming the thin film of a large area and uniform membraneous quality with laser vacuum deposition, and its approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] Generally, laser vacuum deposition irradiates a target under reduced pressure of a laser beam with big energy density, generates a vacuum evaporatio~~no~~ object from a target, and forms the thin film which has the presentation near a target presentation on the substrate matter.

[0003] Drawing 5 is the schematic diagram of the conventional equipment for performing such laser vacuum deposition.

[0004] With this laser vacuum evaporatio~~no~~ equipment, the laser beam 3 generated from the laser oscillation equipment 7 which has arranged the substrate 1 and the target 2 in parallel, and has been arranged to the exterior of the airtight chamber 4 in the airtight chamber 4 which can exhaust the interior to a high vacuum and can introduce a controlled atmosphere into arbitration is guided in the airtight chamber 4 through the optical means of a mirror 15, a condenser lens 8, etc., and a laser beam is irradiated from the slanting upper part at a target 2.

[0005] In addition, for a substrate holder and 6, as for an evacuation pump and 10, a target holder and 9 are [five / controlled atmosphere installation tubing and 11] laser beam installation apertures among drawing 5 .

[0006] By the way, in laser vacuum deposition, many advantages, like that it is possible to choose independently many parameters, such as energy density of the pressure at the time of membrane formation, substrate temperature, an ambient atmosphere, and a laser beam, and control of a presentation of a thin film is easy and a membrane formation rate is high are got. Furthermore, since no electromagnetic field are needed, even if the charged particle is contained in the vacuum evaporatio~~no~~ object, it is not influenced by it. Therefore, it is an approach suitable for producing the thin film of high quality.

[0007] Producing a semi-conductor thin film applicable to the oxide superconducting thin film which was excellent in the property using the laser vacuum deposition which actually has such an advantage, or a photoelectric device is studied.

[0008] For example, the approach of forming the Y-Ba-Cu-O system oxide superconducting thin film of the high quality whose critical temperature is 90.5K and the bottom of a zero magnetic field and whose critical current density in 77.3K are 8,000,000 A/cm² with the laser vacuum deposition which used excimer laser is indicated by light and quantum device study group data (data number OQD-92-53) pp.69-77 (October 28, 1992) by the Institute of Electrical Engineers of Japan.

[0009] Moreover, with the laser vacuum deposition which used excimer laser, a band gap is 6.2eV and the approach the total half-value width of an X-ray rocking curve forms the AlN thin film of 0.06 degrees and high quality with a very high stacking tendency is indicated by Thin Solid Films Vol.299 and pp.94 (1997).

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the invention] By the way, since membrane formation is performed only in the narrow range near the tip of luminescence called the plume which a laser beam is irradiated by the target and generated in laser vacuum deposition and the exposure location and target of a laser beam are fixed with the equipment of a configuration as shown in drawing 5, it is difficult to form the thin film of a large area.

[0011] Then, in order to solve this problem, the technique currently indicated by the former (following, former), for example, ** JP,8-85865,A, and ** JP,7-216539,A (following, latter), respectively is proposed.

[0012] The former (the above-mentioned **) technique is made to form membranes, rotating a substrate and scanning a laser beam on a target. Moreover, with the latter (the above-mentioned **) technique, it is made to form membranes, moving a target in parallel and linearly to a substrate.

[0013] However, the respectively following problems are left behind in the conventional technique of above ** and **.

[0014] That is, in the case of the former (the above-mentioned **), in order to scan the laser beam oscillated from the laser oscillation equipment installed horizontally, it is necessary to arrange the mirror prepared rockable but, and the mirror for ultraviolet rays used for a current general one will be destroyed if energy flux irradiates 100mJ(s) and ultraviolet-rays pulsed light with the big reinforcement of 10 or less ns of pulse width. Therefore, the reinforcement of the laser beam to introduce has a limit naturally, and a limitation is to form a quality thin film.

[0015] Moreover, large-area-izing more than the magnitude of the vacuum evaporatio no object (the so-called plume) which carried out the shape of a flame which it is very difficult to scan a laser beam to a precision for a focal location to change with a scan location etc., needs to arrange a substrate perpendicularly to a target in order for a laser beam to enable it to scan the whole target surface further, and is generated on a target is impossible.

[0016] On the other hand, in the case of the latter (the above-mentioned **), since the target is arranged in parallel to the substrate, it is difficult [it] to form the thin film of the large area more than the magnitude of a target on a substrate.

[0017] The reason is explained in more detail, referring to drawing 6.

[0018] In drawing 6, the target 2 is constituted movable [on a straight-line target] in parallel to the substrate 1.

[0019] When the maximum length of a substrate, i.e., form, the angle of a laser beam 3 and the front face of a target 2 to make, 1 is now set to l here, it is between l and d . $l = d / \tan \theta$. The relational expression (1) is materialized. [movable range of the target 2 which forms d and θ the distance between θ a substrate 1, and a target 2]

[0020] For example, in Applied Physics Letters Vol.71 and pp.102 (1997), if the value of $\theta = 45$ degrees considered to be whenever [distance / which is indicated as having obtained the quality GaN thin film / of $d = 7\text{cm}$ / and most general illuminating-angle] is applied to above (1), it will be set to $l = 7\text{cm}$. In the latter (**), the magnitude of a substrate is actually indicated with the $6 \times 6\text{cm}$ angle.

[0021] In order to form the thin film of a large area, that is, to enlarge l on a substrate 1, distance d between a substrate 1 and a target 2 needed to be enlarged, the angle θ of a laser beam and target 2 front face to make needed to be made small, or Both d and θ needed to be changed from the relation of (1) type.

[0022] However, if d is enlarged, the distance of a plume and a substrate 1 will separate greatly and the membraneous quality of thin films to deposit, such as increase of the interaction of a plume and a controlled atmosphere and a fall of the adhesion force to the substrate 1 of an evaporation particle, will deteriorate. Furthermore, if d becomes larger than the overall length of a plume, deposition of a up to [a substrate 1] will no longer be performed any longer.

[0023] Moreover, if θ is made small, since the aperture of the laser beam on a target 2 will become large, it becomes difficult to obtain sufficient energy density.

[0024] Thus, it was very difficult to form the thin film of a large area and uniform membraneous quality on a substrate with the conventional technique.

[0025] This invention solves the trouble which the former mentioned above makes it the 1st technical problem to enable it to form the thin film of a large area as much as possible on a substrate, and further, although it is a large area, it makes it the 2nd technical problem to enable it to form the thin film of high quality with a uniform film property.

[0026]

[Means for Solving the Problem] The next configuration is used for this invention in order to solve the above-mentioned technical problem.

[0027] That is, by the formation approach of the thin film by claim 1 thru/or laser vacuum deposition according to claim 5, the description is in the following point.

[0028] By invention according to claim 1, a laser beam is irradiated at a target, and while arranging a target on the optical axis of a laser beam in the approach of making a thin film depositing on a substrate, it is made to form membranes on a substrate by making it move in accordance with an optical axis.

[0029] Moreover, he is trying to control by invention according to claim 2 in an approach according to claim 1, by interlocking the condenser lens for condensing said laser beam at a target with a target, so that the aperture of the laser beam on a target becomes fixed irrespective of the location of a target.

[0030] In invention according to claim 3, in an approach according to claim 1 or 2, a substrate is arranged on a flat surface parallel to the optical axis of said laser beam, and it is made to form membranes on this substrate.

[0031] In invention according to claim 4, it is made to carry out membrane formation ***** rotation of said substrate in an approach according to claim 1 to 3.

[0032] He is trying to make the parallel displacement of said substrate carry out in the direction of the arbitration within a membrane formation side in an approach according to claim 1 to 4 in invention according to claim 5.

[0033] Moreover, with the laser vacuum evaporationno equipment which uses the formation approach of the thin film by claim 6 thru/or laser vacuum deposition according to claim 10, the description is in the following point.

[0034] In the laser vacuum evaporationno equipment possessing the optical means which guides the laser beam which the target holder holding a target, the substrate holder holding a substrate, the laser oscillation equipment that generates a laser beam, and laser oscillation equipment oscillate in invention according to claim 6 so that a target may irradiate, said target holder is formed movable along the direction of an optical axis while being arranged so that a target may be located on the optical axis of a laser beam.

[0035] In the configuration according to claim 6, said optical means has a condenser lens for condensing a laser beam at a target, and this condenser lens consists of invention according to claim 7 so that the aperture of the laser beam on a target may become fixed irrespective of the location of a target and a target may be interlocked with.

[0036] In the configuration according to claim 6 or 7, said substrate holder consists of invention according to claim 8 so that the substrate held at this may be arranged on an parallel flat surface to the optical axis of a laser beam.

[0037] In invention according to claim 9, said substrate holder is formed pivotable [the substrate held at this] in a membrane formation side in the configuration according to claim 6 to 8.

[0038] In invention according to claim 10, said substrate holder is formed in the configuration according to claim 6 to 9 possible [a parallel displacement] for the substrate held at this in the direction of the arbitration within a membrane formation side.

[0039] According to the above-mentioned invention according to claim 1 or 6, since the optical-axis top of a laser beam is moved for a target in accordance with an optical axis, the limitation of the movable range of the target which was a technical problem in the conventional target migration mold laser vacuum deposition is lost, and thin film formation of the large area to a substrate top is attained.

[0040] Since the condenser lens for condensing a laser beam at a target is interlocked with a target according to invention according to claim 2 or 7, the aperture of the laser beam on a target becomes fixed irrespective of the location of a target, and incidence energy density of the

laser beam on a target cannot be called at the location of a target, but can be kept constant. The laser beam incidence of the energy density stabilized by this becomes possible, and thin film formation of a large area and uniform membraneous quality is attained.

[0041] Since membrane formation is performed on the substrate arranged on a flat surface parallel to the optical axis of a laser beam according to invention according to claim 3 or 8, distance between a target and a substrate cannot be called at the location of a target, but it can always be kept constant, and also in case it is large area-ization, thin film formation of uniform membraneous quality is attained.

[0042] Since a substrate rotates in a membrane formation side, and a substrate carries out a parallel displacement in the direction of the arbitration within a membrane formation side according to invention according to claim 4 or 9 according to invention according to claim 5 or 10, it becomes possible to form on a substrate the thin film of an area still larger than the case where only a target is moved at homogeneity.

[0043]

[Embodiment of the Invention] Operation gestalt 1 drawing 1 is the block diagram of the laser vacuum evaporatio equipment concerning the operation gestalt 1 of this invention.

[0044] The laser vacuum evaporatio equipment of this operation gestalt 1 is equipped with laser oscillation equipment 7. As a laser beam 3 generated from this equipment 7, it is desirable to use the higher harmonic of excimer laser and Nd:YAG laser etc., and it is using the 4th higher harmonic (wavelength of 266nm) of Nd:YAG laser by this example.

[0045] The condenser lens 8 which condenses the laser beam 3 which the laser beam installation aperture 11 was formed, approached this laser beam installation aperture 11, and was oscillated from laser oscillation equipment 7 in the airtight chamber 4, and is guided in a chamber 4 is arranged.

[0046] While the substrate holder 5 holding a substrate 1, the target holder 6 holding a target 2, and the evacuation pump 9 are formed in the airtight chamber 4, the end of the controlled atmosphere installation tubing 10 for introducing a controlled atmosphere in a chamber 4 is carrying out opening, and it is possible to change an internal pressure and an internal ambient atmosphere into arbitration.

[0047] The above-mentioned substrate holder 5 is arranged so that a substrate 1 may be located on an parallel flat surface to the optical axis of a laser beam 3. And pivotable and the location of a substrate 1 are established for the substrate 1 carried by that built-in motor (not shown) in this substrate holder 5 movable in the perpendicular direction to the direction of a revolving shaft in the membrane formation side of that front face, and it can adjust now the distance d between a target 2 and a substrate 1. For example, it can bring close to about 15mm by the shortest. Furthermore, the heater (not shown) for heating a substrate 1 to predetermined temperature is built in the interior of the substrate holder 5.

[0048] Moreover, the target 2 carried by the built-in motor (not shown) is formed in the above-mentioned target holder 6 pivotable in the target front face, and it is arranged in the location on the optical axis of the laser beam 3 which carries out incidence so that the laser beam 3 which carried out incidence from the laser beam installation aperture 11 may shine upon a target 2.

[0049] Therefore, the laser beam 3 oscillated from laser oscillation equipment 7 is directly guided to a condenser lens 8 through a mirror, carries out incidence into the airtight chamber 4 through the laser beam installation aperture 11, and is condensed on a target 2.

[0050] Furthermore, the target driving gear 12 for making the target holder 6 movable in accordance with the optical axis of a laser beam with a target 2 is attached in the airtight chamber 4.

[0051] In this case, if a target 2 moves in the optical-axis top of a laser beam 3, since the aperture of the laser beam 3 condensed on the target 2 will change, in order to prevent this, the condenser lens driving gears 13 are formed successively by the condenser lens 8, and a condenser lens 8 drives with this lens driving gear 13, respectively in the direction of an optical axis of a laser beam 3, and the direction perpendicular to an optical axis.

[0052] 14 is a control unit for interlocking the above-mentioned target driving gear 13 and the above-mentioned condenser lens driving gear 12.

[0053] This control unit 14 may be easy equipment which only maintains between a target 2 and condenser lenses 8 at the equal distance, and interlocks, and when it needs control much more more exact than this, it may be a control unit which used the computer etc.

[0054] Next, the laser vacuum evaporatio approach using the laser vacuum evaporatio equipment of the above-mentioned configuration is explained.

[0055] On the occasion of membrane formation by laser vacuum evaporatio, the substrate holder 5 is moved up and down beforehand, and the distance d between a target 2 and a substrate 1 is set up so that it may become a suitable value.

[0056] A laser beam 3 is generated from laser oscillation equipment 7, and this laser beam 3 is guided in the airtight chamber 4 through a condenser lens 8, and is condensed on a target 2. And the vacuum evaporatio object generated by the target 2 by irradiating a laser beam 3 is vapor-deposited on a substrate 1, and a thin film is formed.

[0057] In order to obtain the thin film of uniform membraneous quality in that case, as shown in drawing 2, a substrate 1 and a target 2 rotate a shaft for a revolving shaft 19 as a core, respectively.

[0058] Moreover, the limitation of the movable range of a target 2 like before of the target holder 6 is lost by horizontal migration being carried out in accordance with the optical axis of a laser beam 3 by the target driving gear 12, and a target 2 is scanned over the large range of a substrate 1.

[0059] Since a condenser lens 8 is also interlocked with a target 2 with the condenser lens driving gear 13 at this time, the plume which it is kept constant, the incidence energy density of the laser beam 3 on a target 2 always becomes fixed, and the aperture of the laser beam 3 on a target 2 generates from a target 2 irrespective of the migration location of a target 2 is stabilized.

[0060] Moreover, without changing, even if a target 2 carries out horizontal migration, since the distance d between a target 2 and a substrate 1 is fixed, it can be formed with the condition of having fully brought the target 2 close to a substrate 1, and the distance of a plume and a substrate 1 is also stabilized.

[0061] By this, the thin film of a large area and uniform membraneous quality will be formed in a substrate 1.

[0062] Moreover, with this operation gestalt 1, in order not to receive limit of energy flux or pulse width that a reflective mirror can be reflected like before since incidence is carried out from direct laser oscillation equipment 7 to four in an airtight chamber through the condenser lens 8 without using the mirror in case incidence of the laser beam 3 is carried out into the airtight chamber 4, the problem of a limit of the laser beam reinforcement which was the conventional technical problem is also solved.

[0063] In addition, with this operation gestalt 1, in the membrane formation side of that front face, although pivotable and the location of a substrate 1 are established movable in the perpendicular direction to the direction of a revolving shaft in the substrate holder 5, a substrate 1 Furthermore, if it can be made to carry out the parallel displacement of the substrate holder 5 in all directions along a flat surface including the optical axis of a laser beam 3, in order that a substrate 1 may carry out a parallel displacement in the direction of the arbitration within a membrane formation side, Since it becomes possible to form the thin film of a still larger area on a substrate at homogeneity, it is more convenient than the case where horizontal migration only of the target 2 is carried out.

[0064] Operation gestalt 2 drawing 3 is the block diagram of the laser vacuum evaporatio equipment concerning the operation gestalt 2 of this invention, and gives the same sign to the part corresponding to the operation gestalt 1 shown in drawing 1.

[0065] The target holder 6 with which the description of this operation gestalt 2 supports a target 2 is the thing of a square pole configuration, and the target 2 is arranged on the side face of that square pole, respectively. And the medial axis of the square pole is prepared in the target 2 pivotable as a revolving shaft. And when rotation is suspended, this target 2 is switched so that the front face of a target 2 may become the optical axis of a laser beam 3, and parallel, and it may not counter with the front face of a substrate 1, and it may become an optical axis and

the predetermined include angle theta.

[0066] Since other configurations are the same as that of the case of the operation gestalt 1 shown in drawing 1, detailed explanation is omitted here.

[0067] Since according to this operation gestalt 2 four targets 2 installed in all the side faces of the target holder 6 can be rotated in addition to the target holder 6 moving along the direction of an optical axis of a laser beam 3, with whenever [high vacuum / maintained] and the new target 2 can be offered one after another, it becomes possible to form the thin film of high quality with very uniform a large area and membraneous quality on a substrate 1.

[0068] For example, when forming the same matter over long duration, after attaching the target 2 of the same kind in each side face of the target holder 6 and finishing using the front face of the 1st page, it is good to repeat actuation of rotating the target holder 6 and using the following target 2.

[0069] Moreover, when producing the multilayers which carried out the laminating of the dissimilar material, the desired target 2 of a different kind is installed in each side face of the target holder 6, respectively, and a target 2 can be used, switching it by turns.

[0070] In case multilayers are produced, when becoming desired thickness using the thickness gage by the quartz resonator etc., it is good to perform actuation of changing to the following target 2.

[0071] Furthermore, in order to perform exact thickness control, it is desirable to use the driving gear of the target which used the computer etc.

[0072] in addition, the thing limited to this although the square pole-like target holder 6 was used with this operation gestalt 2 -- it is not -- a multiple column configuration -- a ***** thing may be used.

[0073] Operation gestalt 3 drawing 4 is the block diagram of the laser vacuum evaporationo equipment concerning the operation gestalt 3 of this invention, and gives the same sign to the part corresponding to the operation gestalt 1 shown in drawing 1.

[0074] The technique of promoting crystallization of the thin film which one side irradiated the target as an object for laser vacuum evaporationo, and another side irradiated the substrate as an object for substrate excitation light, using two laser beams as one of the descriptions of laser vacuum deposition, and was generated on the substrate from the former is well-known (for example, reference, such as volume [of application physics / 62nd] No. 12, and pp.1244 (1993)).

[0075] Then, in this operation gestalt 3, in addition to the configuration of the aforementioned operation gestalt 1, laser oscillation equipment 17 and the reflective mirror 15 were newly installed as a means for generating the laser beam 16 for substrate excitation, and the introductory aperture 18 of that laser beam 16 is formed in the airtight chamber 4.

[0076] The laser beam 16 generated from the laser oscillation equipment 17 in that case differs from the laser beam 3 irradiated by the target 2, and since reinforcement is weak, it does not have a possibility that the reflective mirror 15 may be damaged. Moreover, this laser beam 16 may be not pulsed light but continuation light, and a wavelength region may not be ultraviolet radiation, either.

[0077] Since other configurations are the same as that of the case of the operation gestalt 1 shown in drawing 1, detailed explanation is omitted here.

[0078] With this configuration, it is reflected by the reflective mirror 15, and incidence of the laser beam 16 for substrate excitation generated from laser oscillation equipment 17 is carried out into a chamber 4 through the laser beam installation aperture 18, and it is condensed on a substrate 1. The laser beam 16 for substrate excitation reflected by this reflective mirror 15 is irradiated on a substrate 1 by carrying out the rotation drive of the reflective mirror 15 in that case. In this case, although it is desirable to be scanned synchronizing with the laser beam 3 for target excitation as for the laser beam 16 for substrate excitation, it is asynchronous and may be irradiated by the location of arbitration.

[0079] Thus, according to this operation gestalt 3, in addition to the target holder 6 moving in the direction of an optical axis in the optical-axis top of a laser beam 3, when the laser beam 16 for substrate excitation is irradiated by the substrate 1, it becomes possible to form a very

quality large area thin film with the high rate of crystallization.

[0080] In addition, although means 17 and 15 to generate the laser beam 16 for substrate excitation were added to the configuration of the operation gestalt 1 with this operation gestalt 3, of course, it is also possible to add a means to generate the laser beam 16 for substrate excitation to the configuration of the operation gestalt 2.

[0081]

[Example] Hereafter, the example using the equipment and the approach of this invention is explained concretely.

[0082] The laser vacuum evaporation equipment shown with the example 1 operation gestalt 1 was used, and the microcrystal Si thin film was formed by the approach of this invention. Disc-like Si single crystal with a diameter [of 40mm] and a thickness of about 10mm was used for the target 2, and the 25cmx5cm angle and the quartz substrate with a thickness of 0.7mm were used for the substrate 1. Moreover, the angle theta of a laser beam 3 and the normal of target 2 front face to make was set as 45 degrees.

[0083] The membrane formation process under these conditions is explained below.

[0084] the beginning — pure water performed for 30 minutes (3 times) for 20 minutes, and alkali detergent (extractives tolan) performed ultrasonic cleaning for the quartz substrate 1 in order for 5 minutes with the acetone.

[0085] Then, the target 2 was set to the target holder 6, and the substrate 1 was set to the substrate holder 5. After exhausting the interior of the airtight chamber 4 to 1×10^{-7} Torr with the evacuation pump 9, from the controlled atmosphere installation tubing 10, helium gas of 99.9995% of purity was introduced, and the pressure was adjusted to 0.5 Torr(s).

[0086] the skin temperature of a substrate 1 — the location of 40mm a part for /and a substrate fixed 180mJ(s) / pulse, and the laser pulse rate for the energy of 20mm and a laser beam 3, fixed [the distance between 700 degrees C, a substrate 1, and the optical axis of a laser beam 3] the passing speed to the direction of an optical axis of 20rpm, a target 2, and a condenser lens 8 for the rotational speed of 10Hz and a target 2, and membrane formation was performed for 5 minutes.

[0087] Consequently, the average thickness covering 20cmx1cm of the obtained thin film was 1100nm, and thickness distribution was about **9%.

[0088] Moreover, when Ar⁺ laser of the wavelength of 457.9nm and incidence power density 30 W/cm² was irradiated every 2cm total of 10 on a thin film and the photoluminescence in each point was measured, in all points, the peak energy of luminescence was 1.60**0.05eV, and the total half-value width of luminescence SUBEKUTORU on the strength was about 0.4eV.

[0089] Thus, in this example, the homogeneous quality high large area microcrystal Si thin film was obtained.

[0090] An example 2, next the 2nd example of the thin film forming method using laser vacuum evaporation of this invention are explained.

[0091] The laser vacuum evaporation equipment used in this example 2 is the same equipment as the equipment used with the operation gestalt 1.

[0092] in this example 2, in case a different point from the membrane formation conditions of an example 1 move the (2) target 2 and condenser lens 8 which be make to rotate a substrate 1 in the direction of an optical axis during (1) membrane formation, it be quick near the core of a substrate 1, and be three points of ** which carry out (3) membrane formation time amount to which it be make to move smoothly so that it may become late in 20 minutes near the edge of a substrate 1. The microcrystal Si thin film was formed under the completely same conditions as an example 1 except it.

[0093] Membranes were formed in this example 2, rotating a 20cmx20cm angle and a quartz substrate with a thickness of 0.7mm with the speed of 30rpm. When distance from the substrate core of a target was set to rcm, about rate $\text{upsilon}(r)$ cm/min which moves a target 2 and a condenser lens 8 in the direction of an optical axis, it controlled by using a target and the condenser lens linkage drive control unit 14 for the value which is determined by $r < 0.25\text{cm}$ by $\text{upsilon}(r) = 5.63 \text{ cm/min}$, and is determined by $\text{upsilon}(r) = 1.4 / r \text{ cm/min}$ in $r \geq 0.25\text{cm}$ so that the whole thickness became fixed.

[0094] Consequently, the very uniform large area thin film whose 500nm ~~***~~ distribution smooth average thickness is about ~~***~~6% was obtained over all field ~~***~~ within a diameter 15cm periphery. Moreover, like the example 1, when the photoluminescence in ten points was measured on the thin film, in all points, the peak energy of luminescence was 1.60 ± 0.05 eV, and the total half-value width of a luminescence spectrum on the strength was about 0.4 eV.

[0095] Thus, also in this example 2, the homogeneous quality high large area microcrystal Si thin film was obtained extremely.

[0096]

[Effect of the Invention] According to this invention, the following effectiveness is done so.

[0097] (1) According to invention according to claim 1 or 6, since the optical-axis top of a laser beam is moved for a target in accordance with an optical axis, the limitation of the movable range of a target like before is lost, and thin film formation of the large area to a substrate top is attained.

[0098] (2) Since the condenser lens for carrying out the ~~***~~ point of the laser beam to a target is interlocked with a target according to invention according to claim 2 or 7, the aperture of the laser beam on a target becomes fixed irrespective of the location of a target, and incidence energy density of the laser beam on a target cannot be called at the location of a target, but can be kept constant. The laser beam incidence of the energy density stabilized by this becomes possible, and thin film formation of a large area and uniform membraneous quality is attained.

[0099] In order to introduce a laser beam into a direct chamber, without using a mirror, it stops moreover, receiving a limit of energy flux or pulse width from the case where the conventional reflective mirror is used. That is, it becomes possible to irradiate the laser beam of a high energy consistency at a target, and formation of the thin film of high quality is attained.

[0100] (3) Since membranes are formed on the substrate arranged on a flat surface parallel to the optical axis of a laser beam according to invention according to claim 3 or 8, distance between a target and a substrate cannot be called at the location of a target, but can always be kept constant. Thereby, thin film formation of uniform membraneous quality is attained also in the case of large-area-izing.

[0101] (4) In claim 4 or claim 9 written invention, since a substrate is rotated in a membrane formation side during membrane formation, and the parallel displacement of the substrate is made to carry out in the direction of the arbitration within a membrane formation side during membrane formation in invention according to claim 5 or 10 and the thin film of a larger area can be formed on a substrate at homogeneity rather than it carries out independent migration only of the target, thin film formation of high quality with much more uniform a large area and a film property is attained.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP I are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The formation approach of the thin film characterized by irradiating a laser beam at a target and forming membranes on a substrate by making it move in accordance with an optical axis while being the approach of making a thin film depositing on a substrate and arranging a target on the optical axis of a laser beam.

[Claim 2] The formation approach of the thin film according to claim 1 characterized by controlling so that the aperture of the laser beam on a target becomes fixed irrespective of the location of a target by interlocking the condenser lens for condensing said laser beam at a target with a target.

[Claim 3] The formation approach of the thin film according to claim 1 or 2 characterized by arranging a substrate on a flat surface parallel to the optical axis of said laser beam, and forming membranes on this substrate.

[Claim 4] The formation approach of the thin film according to claim 1 to 3 characterized by carrying out membrane formation ***** rotation of said substrate.

[Claim 5] The formation approach of the thin film according to claim 1 to 4 characterized by making the parallel displacement of said substrate carry out in the direction of the arbitration within a membrane formation side.

[Claim 6] It is laser vacuum-evaporationno equipment characterized by to be prepared movable along the direction of an optical axis while arranged so that, as for said target holder, a target may be located on the optical axis of a laser beam in the laser vacuum-evaporationno equipment possessing the target holder holding a target, the substrate holder holding a substrate, the laser-oscillation equipment that generates a laser beam, and the optical means which guides the laser beam which laser-oscillation equipment oscillates so that a target may irradiate.

[Claim 7] It is laser vacuum evaporationno equipment according to claim 6 which said optical means has a condenser lens for condensing a laser beam at a target, and is characterized by constituting this condenser lens so that the aperture of the laser beam on a target may become fixed irrespective of the location of a target and a target may be interlocked with.

[Claim 8] Said substrate holder is laser vacuum evaporationno equipment according to claim 6 or 7 characterized by being constituted so that the substrate held at this may be arranged on an parallel flat surface to the optical axis of a laser beam.

[Claim 9] Said substrate holder is laser vacuum evaporationno equipment according to claim 6 to 8 characterized by forming the substrate held at this pivotable in a membrane formation side.

[Claim 10] Said substrate holder is laser vacuum evaporationno equipment according to claim 6 to 9 characterized by forming the substrate held at this possible [a parallel displacement] in the direction of the arbitration within a membrane formation side.

[Translation done.]

* NOTICES *

JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram of the laser vacuum evaporationo equipment concerning the operation gestalt 1 of this invention.

[Drawing 2] They are the substrate of this equipment, a target, and the schematic diagram having shown the physical relationship of a laser beam.

[Drawing 3] It is the block diagram of the laser vacuum evaporationo equipment concerning the operation gestalt 2 of this invention.

[Drawing 4] It is the block diagram of the laser vacuum evaporationo equipment concerning the operation gestalt 3 of this invention.

[Drawing 5] It is the block diagram of conventional laser vacuum evaporationo equipment.

[Drawing 6] It is the block diagram to which the conventional substrate and conventional target part of laser vacuum evaporationo equipment were expanded.

[Description of Notations]

1 -- substrate, 2 -- target, and 3 -- a laser beam, a 4 -- airtight chamber, 5 -- substrate holder, and 6 -- target holder, 7, and 17 -- laser oscillation equipment, 8 -- condenser lens, and 9 -- an evacuation pump, 10 -- controlled atmosphere installation tubing, 11, 18 -- laser beam installation aperture, and 12 -- a target driving gear, 13 -- condenser lens driving gear, 14 -- control unit, and 15 -- a reflective mirror, the laser beam for 16 -- substrate excitation, and 19 -- revolving shaft.

[Translation done.]